

ĐÁNH GIÁ SỰ BIẾN ĐỔI CỦA CHỈ SỐ NHIỆT TỐI CAO NGÀY Ở THÀNH PHỐ NINH BÌNH

Đào Ngọc Hùng¹, Lê Hạnh Chi², Nguyễn Quyết Chiến¹, Cù Thị Phương³,
Nguyễn Thị Thu Hiền¹ và Vũ Thục Hiền⁴

¹Khoa Địa lí, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội

²Viện Sinh thái và Bảo vệ Công trình

³Khoa Kỹ thuật Tài nguyên Nước, Trường Đại học Thủy Lợi

⁴Ủy ban Quốc gia Chương trình Con người và Sinh quyển Việt Nam

Tóm tắt. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, tác động của nhiệt độ đến sức khỏe cộng đồng tại thành phố Ninh Bình diễn ra ngày càng trầm trọng hơn. Nghiên cứu này dựa vào chỉ số nhiệt (HI) để xác định các ngưỡng rủi ro từ đó cảnh báo stress nhiệt cho cộng đồng ở thành phố Ninh Bình. Sử dụng đánh giá tương quan và phương trình hồi quy, dựa trên số liệu khí tượng giai đoạn 1991 - 2021 và số liệu kịch bản biến đổi khí hậu cho Việt Nam, kịch bản chỉ số nhiệt cao nhất ngày (HI_{max}) giai đoạn 2024 - 2054 được tính toán. Kết quả cho thấy trong tương lai xu thế HI_{max} gia tăng là 0,100 °C/năm theo kịch bản RCP 4.5 (kịch bản phát thải khí nhà kính trung bình thấp) và 0,105 °C/năm theo kịch bản RCP 8.5 (kịch bản phát thải khí nhà kính cao). Số ngày HI_{max} ở mức nguy hiểm sẽ tăng khoảng 1 ngày/năm với cả 2 kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5. Số ngày HI_{max} ở mức cực kỳ nguy hiểm, có nguy cơ gây đột quỵ trong giai đoạn 2024 - 2054 xuất hiện nhiều hơn trước đây, đặc biệt trong giai đoạn 1941 - 2054 xu thế tăng rõ nét, những năm cuối giai đoạn này, số ngày HI_{max} ở mức cực kỳ nguy hiểm tăng lên tới 20 - 30 ngày.

Từ khóa: biến đổi khí hậu, stress nhiệt, chỉ số nhiệt.

1. Mở đầu

Stress là phản ứng của cơ thể sinh vật trước các áp lực đến sự tồn tại về thể chất và tinh thần [1]. Stress nhiệt là nhiệt độ cơ thể của sinh vật vượt quá phạm vi điều chỉnh cho hoạt động bình thường [2].

Chỉ số nhiệt, còn được gọi là nhiệt độ biểu kiến, là nhiệt độ mà cơ thể con người cảm nhận dưới tác động tổ hợp của nhiệt độ và các yếu tố môi trường khác như độ ẩm tương đối [3]. Nhiều nghiên cứu đã xây dựng hoặc sử dụng các chỉ số nhiệt khác nhau được xác định thông qua nhiệt độ và các yếu tố môi trường để đánh giá mức độ stress nhiệt của con người tại các lãnh thổ khác nhau.

Ngày nhận bài: 6/3/2023. Ngày sửa bài: 22/3/2023. Ngày nhận đăng: 29/3/2023.

Tác giả liên hệ: Đào Ngọc Hùng. Địa chỉ e-mail: daongochung69@gmail.com

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, stress nhiệt đã và đang diễn ra và ngày càng trầm trọng hơn. Kết quả đánh giá stress nhiệt dựa trên chỉ số nhiệt tại vùng Nam Á (trong đó có Việt Nam) với chuỗi số liệu trong giai đoạn 1976 - 2005 và số liệu kịch bản biến đổi khí hậu cho thấy chỉ số nhiệt có xu thế tăng cao vào cuối thế kỉ XXI [4]. Nghiên cứu về stress nhiệt tại Hà Nội cho thấy trong giai đoạn 2021 - 2050, chỉ số nhiệt ngày càng tăng cả về số lần xuất hiện và mức độ cường độ [5].

Ngoài biến đổi khí hậu, đô thị hoá cũng là nhân tố làm tăng nguy cơ stress nhiệt. Do hiệu ứng đô thị, nhiệt độ trong khu vực nội thành Hà Nội cao hơn khu vực ngoại thành khoảng 1 - 2 °C, độ ẩm tương đối trong khu vực nội thành cao hơn, tốc độ gió trong khu vực nội thành yếu hơn khu vực ngoại thành [5, 6].

Stress nhiệt tác động rất lớn đến sức khoẻ con người. Khi nhiệt độ cao, độ ẩm cao, gió yếu, ánh sáng mặt trời chiếu trực tiếp là tổ hợp làm suy yếu khả năng duy trì nhiệt độ lõi của cơ thể, gây stress nhiệt [7]. Những yếu tố môi trường cơ bản gây stress nhiệt là nhiệt độ, độ ẩm, nhiệt bức xạ, gió,... và đối tượng dễ bị stress nhiệt là người cao tuổi, người béo phì, người sức khoẻ kém và người kém thích nghi với nhiệt cao. Sự gia tăng stress nhiệt do biến đổi khí hậu đến năm 2030 sẽ làm giảm năng suất lao động tương đương với 80 triệu việc làm toàn thời gian [8].

Kết quả từ việc sử dụng một số chỉ số nhiệt khác nhau để xác định mức độ stress nhiệt đối với người lao động trong bối cảnh biến đổi khí hậu tại Đà Nẵng bằng chuỗi số liệu khí tượng giai đoạn 1970 - 2011 cho thấy nhiệt độ ban đêm vẫn quá cao sau thời gian ban ngày nóng, khiến khả năng phục hồi sức khoẻ sau một ngày làm việc không đảm bảo và dẫn đến stress nhiệt [9]. Do nắng nóng, ở Hà Nội và Quảng Ninh, số lượng người nhập viện tăng 2,5%, ở mức tương đối cao so với trên thế giới, những người bị bệnh nhiễm trùng, tim mạch, bệnh đường hô hấp là những đối tượng dễ bị stress nhiệt do nắng nóng [10].

Thành phố Ninh Bình có dân số 132.728 người, mật độ dân số là 2839 người/km² với rất nhiều khu công nghiệp [11]. Chính các nhân tố dân số, hoạt động kinh tế - xã hội, cùng với hiệu ứng đảo nhiệt đã làm cho thành phố Ninh Bình có giá trị nhiệt độ tối cao cao hơn các thành phố xung quanh. Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, stress nhiệt ở Ninh Bình diễn ra ngày càng nghiêm trọng hơn.

Như vậy, có thể thấy, các nghiên cứu về stress nhiệt đã được nhiều tác giả quan tâm và thực hiện. Tuy nhiên, chưa có những nghiên cứu về stress nhiệt cho tương lai dựa trên kịch bản từng ngày về stress nhiệt cho thành phố Ninh Bình.

Mục đích của nghiên cứu này là đánh giá sự biến động của chỉ số nhiệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu, nhằm cảnh báo về các tác động tiềm tàng trong tương lai của nhiệt độ và độ ẩm tương đối đối với cộng đồng dân cư tại thành phố Ninh Bình.

2. Nội dung nghiên cứu

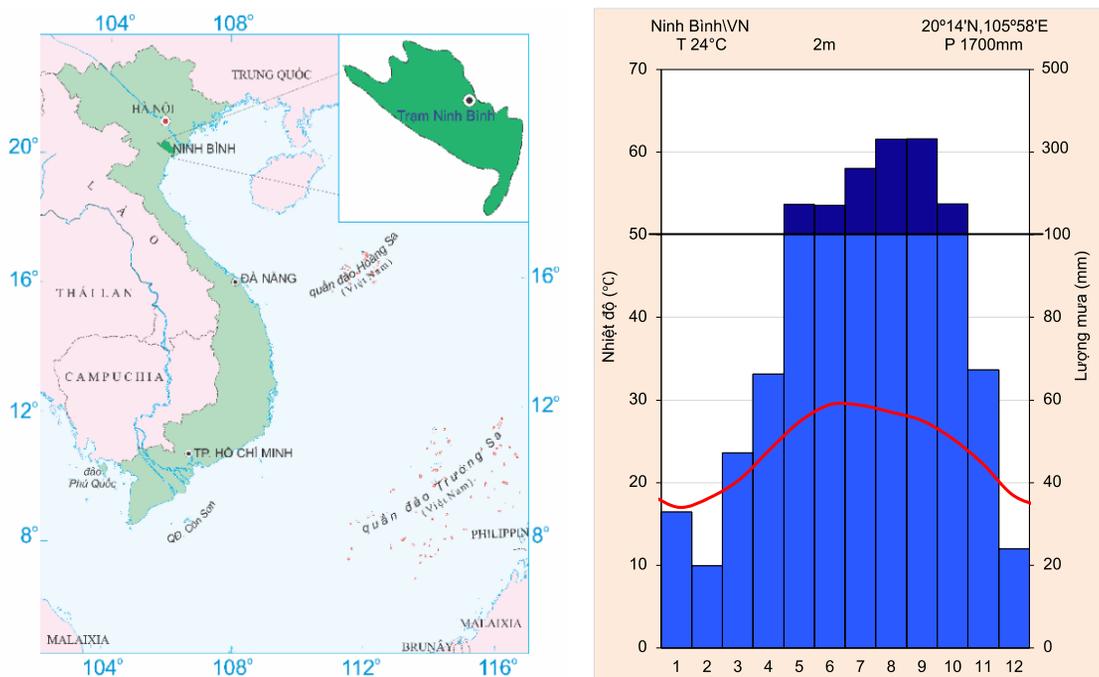
2.1. Số liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1.1. Khu vực nghiên cứu

Thành phố Ninh Bình nằm ở đông nam châu thổ sông Hồng có diện tích tự nhiên là 46,75 km², chiếm khoảng 3,3 % diện tích tự nhiên toàn tỉnh [11]. Địa hình thành phố Ninh Bình tương đối bằng phẳng, độ cao trung bình 1- 2 m so với mực nước biển. Ninh Bình có khí hậu nhiệt đới gió mùa, với nhiệt độ trung bình năm là 24 °C, độ ẩm tương đối trung

Đánh giá sự biến đổi của chỉ số nhiệt tối cao ngày ở thành phố Ninh Bình

bình năm là 84%, tương đối cao so với các địa phương khác ở Việt Nam, tổng lượng mưa năm là 1700 mm. Khí hậu Ninh Bình có tính phân mùa, nhưng chỉ có 01 tháng nhiệt độ dưới 18 °C, từ tháng 5 đến tháng 10, nhiệt độ trên 25 °C [12]. Dân số đến năm 2021 là 132.728 người, mật độ dân số là 2839 người/km² lớn gấp khoảng 4 lần mật độ dân số trung bình của toàn tỉnh [11].



Hình 1. Sơ đồ vị trí và biểu đồ khí hậu đại diện của khu vực nghiên cứu

2.1.2. Số liệu nghiên cứu

Nghiên cứu này sử dụng các số liệu sau:

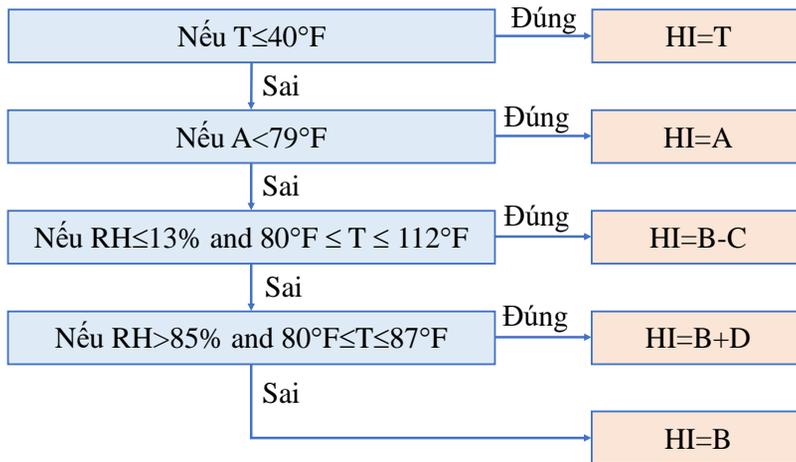
- Nhiệt độ tối cao ngày, nhiệt độ tối thấp ngày, nhiệt độ trung bình ngày, độ ẩm tương đối tối thấp ngày tại Trạm Khí tượng Ninh Bình (Ninh Bình) giai đoạn 1991 - 2021 [12].
- Số liệu nhiệt độ tối cao ngày, nhiệt độ tối thấp ngày, nhiệt độ trung bình ngày, tổng lượng mưa ngày theo các kịch bản phát thải khí nhà kính trung bình thấp (RCP 4.5) kịch bản phát thải khí nhà kính cao (RCP 8.5) giai đoạn 2021 - 2053 do Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành năm 2020 [13].

2.1.3. Phương pháp nghiên cứu

* Chỉ số nhiệt

Hiện có nhiều phương pháp tính chỉ số stress nhiệt khác nhau. Tuy nhiên để đánh giá stress nhiệt ở Ninh Bình, cách tính chỉ số nhiệt (HI) là phù hợp do sử dụng các yếu tố khí tượng có trong kịch bản biến đổi khí hậu nội suy ra giá trị RH và từ đó tính được HI.

HI thường được tính bằng cách sử dụng dữ liệu nhiệt độ tức thời hoặc hàng giờ (T) và độ ẩm tương đối (RH) [14]. Đây là thuật toán mà Cơ quan dịch vụ Thời tiết Quốc gia Hoa Kỳ (National Weather Service, NWS) sử dụng để dự báo và cảnh báo nhiệt [3]. Chỉ số nhiệt được xác định dựa trên nhiệt độ không khí tính bằng độ F (T) và độ ẩm tương đối tính bằng phần trăm (H).



Hình 2. Thuật toán được NWS sử dụng để tính toán chỉ số nhiệt (HI) [15]

$A = -10,3 + 11 \times T + 0,047 \times H$	(1)
$B = -42,379 + 2,04901523 \times T + 10,14333127 \times H - 0,22475541 \times T \times H - 6,83783 \times 10^{-3} \times T^2 - 5,481717 \times 10^2 \times H^2 + 1,22874 \times 10^{-3} \times T^2 \times H + 8,5282 \times 10^{-4} \times T \times H^2 - 1,99 \times 10^6 \times T^2 \times H^2$	(2)
$C = \left[\frac{13 - H}{4} \right] \times \left[\frac{17 - T - 95 }{17} \right]^{0,5}$	(3)
$D = 0,02 \times (H - 85) \times (87 - T)$	(4)

Stress nhiệt được chia ra 6 mức độ thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Bảng phân loại chỉ số nhiệt

Phân loại	Chỉ số nhiệt	Tác động đến cơ thể
Mệt mỏi	27 °C ÷ 32 °C	Có thể mệt mỏi khi tiếp xúc lâu và/hoặc hoạt động thể chất
Kiệt sức	32 °C ÷ 41 °C	Có thể bị chuột rút do nóng, hoặc kiệt sức do nhiệt khi tiếp xúc lâu và/hoặc hoạt động thể chất
Nguy hiểm	41 °C ÷ 54 °C	Có thể bị chuột rút do nhiệt hoặc kiệt sức vì nóng, và có thể bị đột quy do tiếp xúc lâu dài và/hoặc hoạt động thể chất
Cực kì nguy hiểm	Trên 54 °C	Có khả năng cao bị đột quy

Nguồn: [16]

*** Phương trình hồi quy đa biến**

Trong mô hình hồi quy đa biến [17] biến phụ thuộc được mô tả như một hàm tuyến tính của các biến độc lập xi, như sau:

$$\hat{y}_i = a + b_1 \times x_{i1} + b_2 \times x_{i2} \dots b_n \times x_{in} \quad (5)$$

ở đây: y: biến phụ thuộc; a: hằng số; x_{ij} : biến độc lập; b_j : hệ số hồi quy của biến độc lập x_{ij} ; i: quan trắc thứ i.

Mô hình cho phép tính toán hệ số hồi quy b_i cho mỗi biến độc lập x_{ij} .

Trong nghiên cứu này, phương trình hồi quy đa biến được lựa chọn nhằm xác định độ ẩm tương đối thấp nhất trong ngày dựa vào các yếu tố khí tượng có trong kịch bản biến đổi khí hậu. Dựa vào giá trị độ ẩm tương đối thấp nhất ngày và giá trị nhiệt độ tối cao ngày để xác định giá trị HI_{max} .

*** Hệ số hiệu quả (NSE)**

NSE được sử dụng để đánh giá độ tin cậy giữa giá trị thực đo và giá trị tính toán theo mô hình [18]. NSE được tính theo công thức sau:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (HI_{model}^t - HI_{ob}^t)^2}{\sum_{t=1}^T (HI_{ob}^t - \overline{HI}_{ob})^2} \quad (6)$$

trong đó: HI_{model}^t là HI_{max} tính theo mô hình cho ngày thứ t; HI_{ob}^t là HI_{max} tính theo số liệu quan trắc cho ngày thứ t; \overline{HI}_{ob} là giá trị HI_{max} quan trắc trong giai đoạn cụ thể; NSE càng gần 1 thì độ tin cậy của mô hình càng cao.

2.2. Đánh giá độ tin cậy của mô hình

2.2.1. Hiệu chuẩn mô hình

Các nghiên cứu trước đây cho thấy HI_{max} vào thời điểm nhiệt độ ngày cao nhất và khi đó độ ẩm tương đối cũng thấp nhất [5, 14, 19]. Trong nghiên cứu này giả định rằng T và RH luôn có quan hệ nghịch biến và mối quan hệ đó không thay đổi trong tương lai. HI_{max} được tính dựa vào nhiệt độ cao nhất trong ngày (T_{max}) và độ ẩm tương đối thấp nhất trong ngày (RH_{min}).

Giai đoạn từ 01/01/1991 đến 31/12/2011 được chọn để phục vụ hiệu chỉnh các tham số mô hình. Các giá trị HI_{max} trong giai đoạn từ 1/1/2012 đến 31/1/2021 được tính toán từ giá trị thực đo và dựa vào các tham số của mô hình đã được sử dụng để xác thực mô hình.

2.2.2. Phương trình hồi quy đa biến để tính độ ẩm tương đối thấp nhất trong ngày

HI_{max} được tính dựa trên T_{max} và RH_{min} . Trong nghiên cứu này, có thể thấy rằng có mối tương quan tốt giữa biến phụ thuộc RH_{min} và các biến độc lập (T_{max} , T_{min} , T_{mean}). Sử dụng phần mềm SPSS cho dữ liệu từ 1/1/1991 đến 31/12/2011, nghiên cứu rút ra phương trình hồi quy giữa RH_{min} và T_{max} , T_{min} , T_{mean} :

$$RH_{min} = 95,688 - 4,891 \times T_{max} + 1,594 \times T_{mean} + 3,403 \times T_{min} \quad (7)$$

trong đó: RH_{min} : độ ẩm tương đối tối thấp ngày; T_{tb} : nhiệt độ không khí trung bình ngày; T_{min} : nhiệt độ tối thấp ngày; T_{max} : nhiệt độ tối cao ngày;

Kết quả thống kê hồi quy được tóm tắt như sau:

Bình phương của hệ số tương quan điều chỉnh $R^2 = 0,7$, như vậy các biến độc lập giải thích được 70 % độ ẩm tương đối tối thấp ngày, và có cơ sở để xây dựng phương trình hồi quy phức giữa các biến độc lập và biến phụ thuộc. Giá trị Durbin-Watson dùng để kiểm tra hiện tượng tự tương quan chuỗi bậc nhất là 1,02 nên không xảy ra hiện tượng tự tương quan. Giá trị Sig thông qua kiểm định F cho trung bình bình phương $< 0,05$ chứng tỏ mô hình hồi quy phù hợp, giá trị Sig trong kiểm định t của hệ số hồi quy $< 0,05$ chứng tỏ biến độc lập tác động đến biến phụ thuộc.

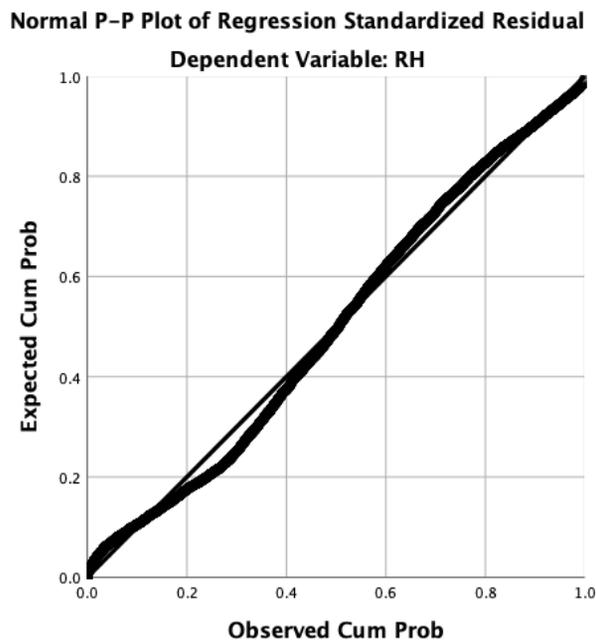
Quan sát biểu đồ P-P Plot (Hình 3) cho thấy các điểm phân vị trong phân phối của phần dư tập trung theo đường chéo, như vậy giả định phân phối chuẩn của phần dư không vi phạm và phương trình hồi quy đảm bảo tin cậy.

Như vậy, phương trình (7) có thể dùng để xác định giá trị độ ẩm tương đối tối thấp ngày trong tương lai dựa vào T_{max} , T_{min} , T_{min} từ kịch bản biến đổi khí hậu và nước biển dâng cho Việt Nam [13].

Áp dụng thuật toán trong Hình 2 và công thức 1, 2, 3, 4 tính được:

HI_{max} trong giai đoạn từ 1/1/1991 đến 31/12/2011 dựa vào giá trị trong quá khứ của T_{max} , RH_{min} ; HI_{max} mô hình trong giai đoạn từ 1/1/1991 đến 31/12/2011 dựa vào giá trị trong quá khứ của T_{max} , T_{min} , T_{min} , RH_{min} ; RH_{min} mô hình được tính theo công thức 6.

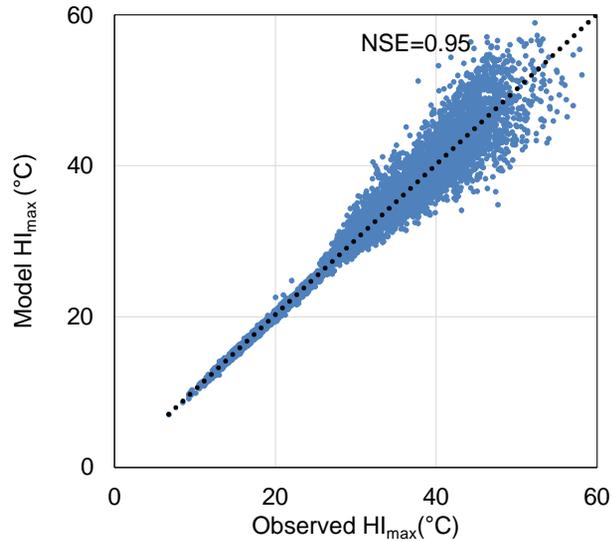
NSE sẽ giúp cho đánh giá mức độ hiệu quả mô hình thông qua các giá trị HI_{max} tính toán từ số liệu quan trắc và số liệu tính toán từ mô hình.



Hình 3. Biểu đồ P-P Plot

NSE là 0,95 và điều này cho thấy có sự phù hợp tốt giữa HI_{max} tính theo mô hình và HI_{max} tính từ số liệu quan trắc (Hình 4). Do đó mô hình hồi quy phù hợp trong khoảng thời gian hiệu chuẩn.

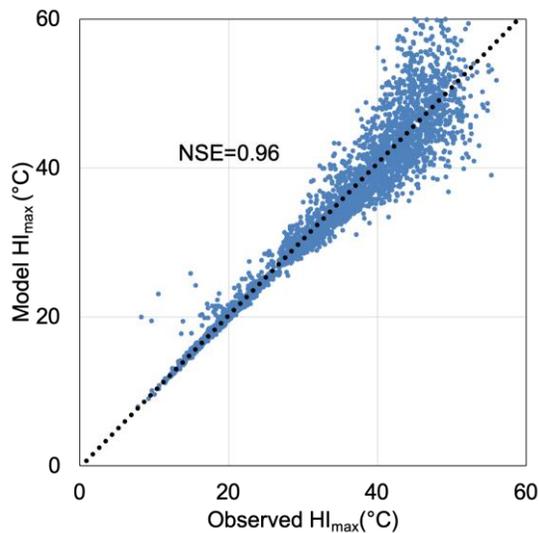
Đánh giá sự biến đổi của chỉ số nhiệt tối cao ngày ở thành phố Ninh Bình



Hình 4. Biểu đồ phân tán giữa HI_{max} quan sát và mô hình HI_{max} trong giai đoạn 1991 - 2011

2.2.3. Xác thực mô hình

Mô hình đã được xác thực bằng dữ liệu từ ngày 1/1/2012 đến ngày 31/12/2021. Hình 5 cho thấy sự phân tán giữa HI_{max} tính theo mô hình và HI_{max} tính từ số liệu quan trắc. Có một sự phù hợp giữa các giá trị HI_{max} quan trắc và HI_{max} từ mô hình do NSE bằng 0,96. Dựa trên những phân tích này, HI_{max} tính theo số liệu mô hình có thể mô phỏng cho tương lai dựa vào số liệu T_{max} , T_{min} , T_{min} , RH_{min} trong kịch bản biến đổi khí hậu cho Việt Nam.



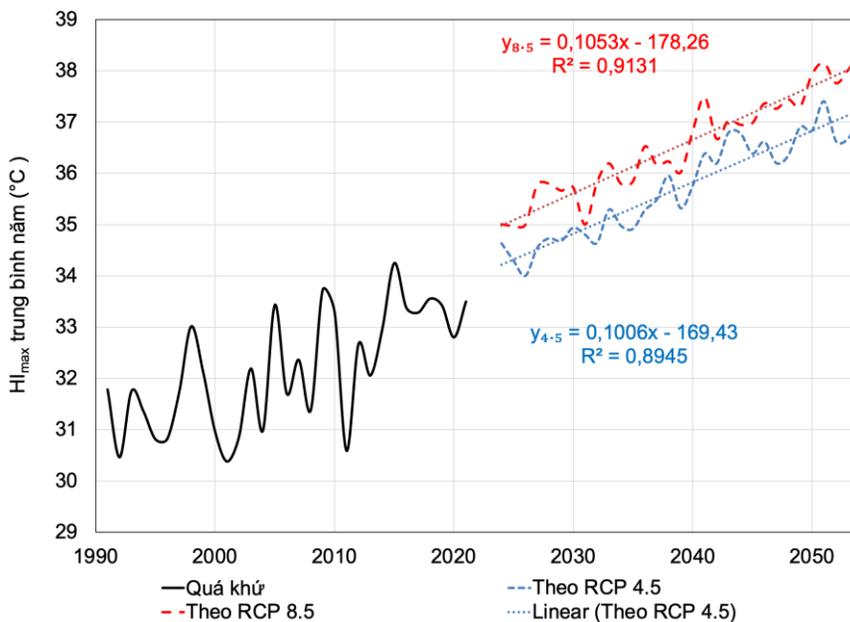
Hình 5. Biểu đồ phân tán giữa HI_{max} quan sát và mô hình HI_{max} trong giai đoạn 2012 - 2021

2.3. Kết quả và thảo luận

2.3.1 Biến đổi giá trị HI_{max} trung bình năm

Biến đổi HI_{max} trung bình năm trong giai đoạn 1991 - 2021 được thể hiện tại Hình 6. Có thể nhận thấy theo dữ liệu lịch sử HI_{max} trung bình năm có xu thế tăng trong giai đoạn 1991 - 2021. Theo kịch bản RCP 4.5 xu thế gia tăng của HI_{max} trung bình năm là $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{năm}$ với độ tin cậy rất chặt $R^2 = 0,89$. Như vậy xu thế tăng $0,1^{\circ}\text{C}/\text{năm}$ của HI_{max} trung bình năm là tin cậy.

Trong giai đoạn 2024 - 2054, theo RCP 8.5 có sự phù hợp tuyến tính giữa HI_{max} trung bình năm theo thời gian với độ tin cậy cao: $R^2 = 0,91$. Điều này cho thấy xu thế gia tăng của HI_{max} trung bình năm là $0,105\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{năm}$ là rất đáng tin cậy để sử dụng trong nghiên cứu này.

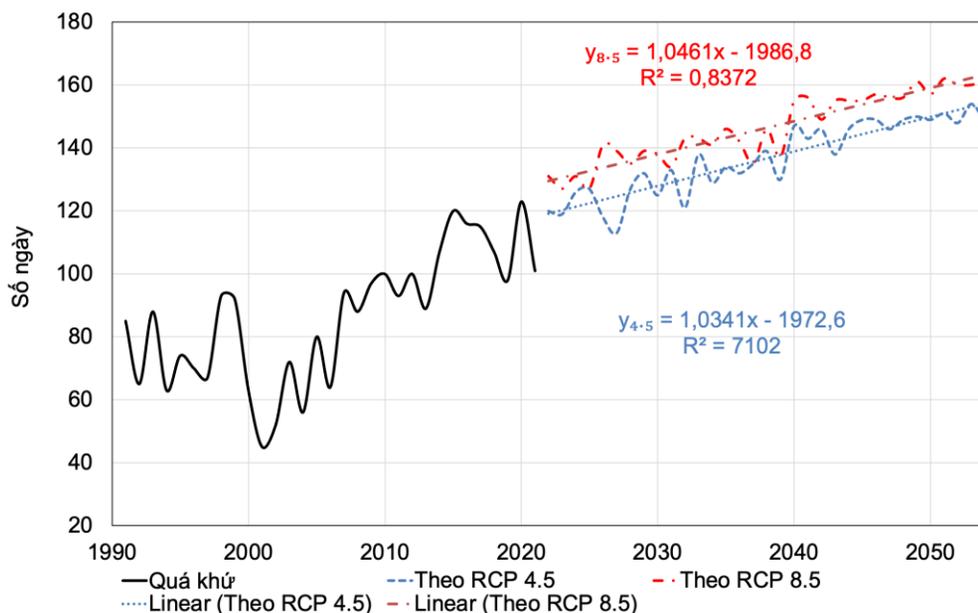


Hình 6. Biến trình nhiều năm và xu thế biến đổi của HI_{max} trung bình năm giai đoạn 1991 - 2021; giai đoạn 2024 - 2054, theo kịch bản RCP 4.5 HI_{max} trung bình năm (hình ở dưới), theo kịch bản RCP 8.5 HI_{max} trung bình năm (hình ở trên)

2.3.2. Biến đổi số ngày HI_{max} trung bình năm ở mức độ nguy hiểm

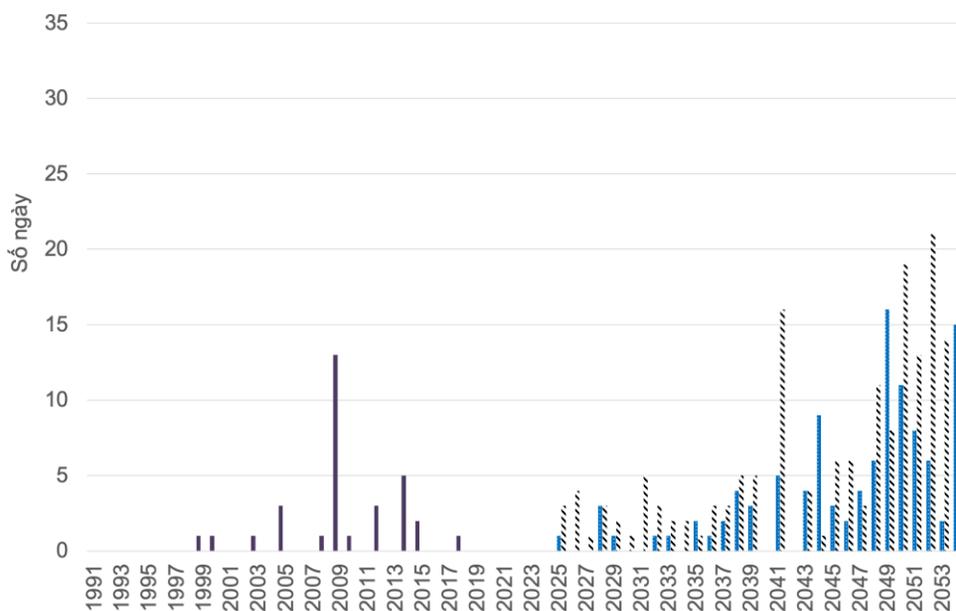
Dựa vào Hình 7 nhận thấy số ngày HI_{max} ở mức nguy hiểm có xu thế tăng rõ rệt trong quá khứ. Cho tương lai với kịch bản RCP 4.5 cho thấy, độ tin cậy của mối tương quan giữa HI và thời gian thể hiện qua giá trị $R^2 = 0,71$ - đây là mối quan hệ chặt, chứng tỏ các kết quả tính theo phương trình hồi quy đáng tin cậy. Theo phương trình hồi quy, số ngày HI ở mức nguy hiểm có xu thế tăng trong tương lai, trung bình 1 năm tăng 1,03 ngày. Tương tự như vậy đối với kịch bản RCP 8.5 cho thấy số ngày HI ở mức nguy hiểm có xu thế tăng trong tương lai, trung bình tăng 1,05 ngày/năm với độ tin cậy $R^2 = 0,84$. Như vậy không có sự khác biệt quá lớn trong sự biến đổi số ngày HI_{max} trung bình năm ở mức độ nguy hiểm theo các kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5.

Đánh giá sự biến đổi của chỉ số nhiệt tối cao ngày ở thành phố Ninh Bình



Hình 7. Biến trình nhiều năm và xu thế biến đổi của HI_{max} trung bình năm ở mức độ nguy hiểm giai đoạn 1991-2021; giai đoạn 2024-2054, theo kịch bản RCP 4.5 HI_{max} trung bình năm (hình ở dưới), theo kịch bản RCP 8.5 HI_{max} trung bình năm (hình ở trên)

2.3.3. Sự biến đổi của HI_{max} ở mức cực kì nguy hiểm



Hình 8. Biến trình nhiều năm của số ngày HI_{max} ở mức cực kì nguy hiểm/năm giai đoạn 1991 - 2021 và 2024 - 2054 theo kịch bản RCP 4.5 HI_{max} ở mức cực kì nguy hiểm/năm (phần nét liền), theo kịch bản RCP 8.5 HI_{max} ở mức cực kì nguy hiểm/năm (phần nét đứt)

Hình 8 cho thấy số ngày HI_{max} ở mức cực kỳ nguy hiểm có xu thế tăng không rõ rệt trong quá khứ nhưng đặc biệt rõ rệt trong giai đoạn 2025 đến năm 2054. Với kịch bản RCP 4.5 cho thấy, HI_{max} trong giai đoạn 2024 - 2039 xuất hiện từ 1 - 3 ngày trong năm. Trong giai đoạn 2041 - 2054 số ngày HI_{max} ở mức cực kỳ nguy hiểm có xu thế tăng nhanh từ 3 - 4 ngày/năm lên đến 15 - 16 ngày/năm ở một số năm cuối giai đoạn.

Với kịch bản RCP 8.5, HI_{max} trong giai đoạn 2024 - 2039 xuất hiện 1 - 5 ngày trong năm. Trong giai đoạn 2041 - 2054 số ngày HI_{max} ở mức cực kỳ nguy hiểm có xu thế tăng nhanh từ 3 - 4 ngày/năm lên đến 20 - 30 ngày/năm ở một số năm cuối giai đoạn.

2.3.4. Nguy cơ sức nhiệt trong giai đoạn 2024 - 2054

Biểu hiện của biến đổi khí hậu thể hiện rất rõ qua xu thế gia tăng giá trị HI_{max} trung bình hàng năm cả trong quá khứ 30 năm trước đây và 30 năm trong tương lai, tăng số ngày $HI_{max} > 41^\circ\text{C}$ và số ngày có $HI_{max} > 54^\circ\text{C}$ trong quá khứ và đặc biệt xu thế gia tăng số ngày $HI_{max} > 41^\circ\text{C}$ và số ngày có $HI_{max} > 54^\circ\text{C}$ theo các kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 trong giai đoạn 2024 - 2054. Đây là những ngày rất dễ xảy ra say nắng nên việc xác định thời điểm và cường độ của HI có ý nghĩa quan trọng trong việc bảo vệ sức khỏe của mọi người trong cộng đồng, đặc biệt là những người làm việc ngoài trời, người mắc bệnh tim mạch, cao huyết áp và các bệnh nền. Trong giai đoạn 2024 - 2039 số ngày HI_{max} ở mức cực kỳ nguy hiểm khá ổn định ở cả 2 kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 khoảng dưới 5 ngày, nhưng xu thế gia tăng nhanh số ngày HI_{max} ở mức cực kỳ nguy hiểm rõ nét trong giai đoạn 2041 - 2054, đặc biệt trong một số năm cuối số ngày HI_{max} ở mức cực kỳ nguy hiểm lên tới 20 - 30 ngày. Sự gia tăng đột biến, đặc biệt với kịch bản RCP 8.5 là thời điểm mà người dân cần tự bảo vệ mình và ngành y tế phải cho sự chuẩn bị về quy mô của cơ sở y tế, tăng cường bác sĩ khi số bệnh nhân say nắng tăng đột biến. Nghiên cứu này sẽ có ý nghĩa thiết thực nếu kết hợp kết quả nghiên cứu với số liệu thống kê về số người bị đột quỵ tại Ninh Bình, Việt Nam. Phát hiện này cũng có thể giúp các quan chức và nhà hoạch định chính sách đánh giá sự thay đổi theo không gian của HI ở Hà Nội và các thành phố khác.

3. Kết luận

Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, các yếu tố khí tượng như nhiệt độ, lượng mưa biến đổi. Những yếu tố khí tượng cực đoan có mức độ biến đổi nhanh hơn rất nhiều so với những giá trị khí tượng trung bình ngày. Sự kết hợp xu thế gia tăng của nhiệt độ cao nhất ngày trong tương lai kết hợp với tốc độ đô thị hoá của thành phố Ninh Bình sẽ làm cho số ngày HI ở mức nguy hiểm tăng trong tương lai. Kết quả cho thấy theo cả 2 kịch bản RCP 4.5 và RCP 8.5 đều có nguy cơ HI tăng cả về cường độ và số ngày nguy hiểm và cực kỳ nguy hiểm.

Giá trị HI có xu thế tăng rõ rệt trong tương lai, cường độ HI trung bình năm sẽ gia tăng $0,100^\circ\text{C}/\text{năm}$ với kịch bản RCP 4.5 và $0,105$ với kịch bản RCP 8.5 trong giai đoạn 2024 - 2054.

Số ngày mỗi năm có HI_{max} ở mức độ nguy hiểm và cực kỳ nguy hiểm đều có xu thế tăng dù với kịch bản RCP 4.5 hay kịch bản RCP 8.5. Đặc biệt trong giai đoạn từ năm 2041 đến năm 2054, xu thế gia tăng số ngày cực kỳ nguy hiểm rất rõ nét. Với những ngày này, thời tiết có thể gây ra chuột rút do nhiệt hoặc kiệt sức vì nóng, và có thể bị đột quỵ do tiếp xúc lâu dài và/hoặc hoạt động thể chất.

Với mức độ biến động của HI theo thời gian như trên, cần xây dựng những phương án cụ thể về cơ sở hạ tầng, nhân viên y tế để bảo vệ những người lao động ngoài trời, những người già, người có bệnh nền trước nguy cơ tiềm tàng của thời tiết thể hiện qua chỉ số nhiệt HI.

Kết quả nghiên cứu này sẽ là kênh thông tin hữu ích để các nhà hoạch định chính sách cho Ninh Bình có định hướng về phát triển hạ tầng y tế thích ứng với biến đổi khí hậu trong tương lai. Hạn chế của nghiên cứu là chưa có số liệu thống kê thực tế số người bị tác động của nắng nóng, đặc biệt là đột quỵ. Tập thể tác giả sẽ phát triển nghiên cứu trong tương lai khi có nguồn số liệu y tế thực tế.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được sự tài trợ bởi đề tài Khoa học Công nghệ cấp Bộ Giáo dục và Đào tạo, mã số B2023 - SPH - 158.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Selye, H., A syndrome produced by diverse nocuous agents, 1936. *Nature*, 138(3479), pp. 32-32.
- [2] Nardone, A., et al., 2010. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. *Livestock Science*, 130(1-3), pp. 57-69.
- [3] National Weather Service. The Heat Index Equation, 2021, [cited 2023 19th March]; Available from: https://www.wpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex_equation.shtml.
- [4] Im, E.-S., J.S. Pal, and E.A. Eltahir, 2017. Deadly heat waves projected in the densely populated agricultural regions of South Asia. *Science Advances*, 3(8), pp. e1603322.
- [5] Thuy, L.T.H., D.N. Hung, and T.C. Phuong, 2022. Assessing heat index changes in the context of climate change: A case study of Hanoi (Vietnam). *Frontiers in Earth Science*, 7, pp. 1892.
- [6] Dao, N.H., 2013. Assessing the impact of traffic on the effect of heat island Hanoi. *Vietnam Journal of Hydro - Meteorology*, 626, pp. 46-50.
- [7] McGregor, G.R. and J. Vanos, 2018. Heat: a primer for public health researchers. *Public Health Nutrition*, 161, pp. 138-146.
- [8] Kjellstrom, T., et al., 2019. Climate change and the rising incidence of heat stress, in Working on a warmer planet: The effect of heat stress on productivity and decent work. *Report of the International Labour Office (ILO): Geneva, Switzerland* pp. 21-23.
- [9] Opitz-Stapleton, S., et al., 2016. Heat index trends and climate change implications for occupational heat exposure in Da Nang, Vietnam. *Climate Services*, 2, pp. 41-51.
- [10] Phung, D., et al., 2017. Heatwave and risk of hospitalization: A multi-province study in Vietnam. *Environmental Pollution*, 220, pp. 597-607.
- [11] Tổng cục Thống kê, Niên giám thống kê tỉnh Ninh Bình 2021. Nhà xuất bản Thống kê.
- [12] Trung tâm Thông tin và Dữ liệu khí tượng thủy văn, Số liệu khí tượng, 2022, Bộ Tài nguyên và Môi trường, Hà Nội.
- [13] Vietnam Ministry of Natural Resources and Environment. Climate change and sea level rise scenarios for Vietnam in 2020, [cited 2022 12, January, 2022].

- [14] Dahl, K., et al., 2019. Increased frequency of and population exposure to extreme heat index days in the United States during the 21st century. *Environmental Research Communications*, 1(7), pp. 075002.
- [15] Anderson, G.B., M.L. Bell, and R.D. Peng, 2013. Methods to calculate the heat index as an exposure metric in environmental health research. *Environmental Health Perspectives*, 121(10), pp. 1111-1119.
- [16] National Weather Service, 2021. Meteorological Conversions and Calculations: Heat Index Calculator, [cited 2023 10th March]; Available from: <https://www.wpc.ncep.noaa.gov/html/heatindex.shtml>.
- [17] Taylor, J., 1997. Introduction to error analysis, the study of uncertainties in physical measurements. 2nd ed., 648 Broadway, Suite 902, New York, NY 10012: University Science Books.
- [18] Nash, J.E. and J.V. Sutcliffe, 1970. River flow forecasting through conceptual models part I-A discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10(3), pp. 282-290.
- [19] Matveev, L.T., 1976. Atmospheric humidity, in "Course of general meteorology-Physics of the atmosphere". Gidrometeoizdat: Leningrad, p. 326.

ABSTRACT

Assessment of the variation on maximum daily heat index in Ninh Binh city

Dao Ngoc Hung¹, Le Hanh Chi², Nguyen Quyet Chien¹, Cu Thi Phuong³,
Nguyen Thi Thu Hien¹ and Vu Thuc Hien⁴

¹*Faculty of Geography, Hanoi National University of Education*

²*Institute of Ecology and Works Protection;*

³*Faculty of Water Resources Engineering, Thuyloi Univerisity*

⁴*National Committee on Man and The Biosphere Program*

In the context of climate change, the impact of temperature on human health in Ninh Binh city is becoming more and more serious. This study was based on heat index (HI) to determine risk thresholds for warning heat stress to communities in Ninh Binh City. The study used correlation evaluation and regression equations, meteorological data for the period 1991 - 2021, and Vietnam climate change scenario data to calculate the maximum daily heat index (HI_{max}) scenario for the country in the period 2024 - 2054. The results showed that, in the future, the trend of HI_{max} will increase by 0.100 °C per year under the RCP 4.5 scenario (Medium Low greenhouse gases concentration scenario) and 0.105 °C per year under the RCP 8.5 scenario (High greenhouse gases concentration scenarios). The number of HI_{max} days at dangerous levels will increase by about 1 day per year with both RCP 4.5 and RCP 8.5 scenarios. In particular, the number of HI_{max} days at extreme danger levels, with the risk of causing stroke, in the period 2024 - 2054 appeared more than before, especially in the period 1941 - 2054, the trend increased sharply. In some last years of this period, the number of HI_{max} days will be extremely dangerous up to 20 - 30 days.

Keywords: climate change, heat stress, heat index.